UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Maestría en Ciencias Agroalimentarias

TESIS

Caracterización morfológica y fisicoquímica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco

PRESENTA:

Ing. Jorge Enrique Narez Jiménez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Pedro García Alamilla

ASESORES

M.C. Procopio López Andrade

Dr. Efraín de la Cruz Lázaro

Villahermosa, Tabasco, Enero de 2015

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

"2014, Conmemoración del 150 Aniversario
De la Gesta Heroica del 27 de febrero de 1864

ASUNTO: El que se indica.
OFICIO: DACA-001
Villahermosa, Tabasco, a 7de enero de 2015

ING. JORGE ENRIQUE NAREZ JIMÉNEZ
EGRESADO DE LA MESTRIA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
PRESENTE

Por este conducto y de acuerdo a su solicitud de autorización de impresión de Tesis, informo a ud. que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de Posgrado de esta Universidad, esta Dirección a mi cargo le **autoriza** la **impresión de su trabajo recepcional** bajo la modalidad de Tesis titulada "Caracterización morfológica y fisicoquímica de híbridos de cacao(theobroma cacao L) en Tabasco"

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE

DR. ROBERTO FLORES BELLO
DIRECTOR

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

C.c.p.- Archivo.

Consorcio de Universidades Mexicanas
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Carretera Villahermosa-Teapa Km 25. R/A. La Huasteca 2a Secc. Villahermosa, Tab. México. C.P. 86280
Tel. (993) 142-9151, 3581585, 358-1500 ext. 6601
e-mail: dirección.daca@ujat.mx

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CARTA DE AUTORIZACION

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente la tesis de grado denominada **"Caracterizacion morfológica y fisicoquímica de hibridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco"** de la cual soy autor y titular de los derechos de autor.

La finalidad de uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa mas no limitativa para subirla a la red abierta de bibliotecas digitales (RABID) y a cualquier otra red academica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Univesidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa Tabasco el dia 12 de Enero de 2015.

AUTORIZO

Ing. Jorge Enrique Narez Jiménez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

DEDICATORIA

A DIOS

Por sobre todas las cosas, por haberme permitido lograr una meta mas y poder ver realizado este sueño. Asi como, también por darme la inteligencia, fe y sabiduría dia con dia.

A MIS PADRES

Con mucho amor y cariño también para mis padres Jorge Narez Ventura y Delia Jiménez Vazquez, por el apoyo y los buenos principios inculcados durante mi formación personal y profesional, este logro alcanzado también es de ustedes.

A MI ESPOSA

Por el amor, comprensión, apoyo y animo que me brinda mi esposa Yeni Hernandez Perez, con lo cual que me inspira a trazar y alcanzar nuevas metas tanto personales como profesionales.

A MIS HIJAS

Liz Kenia y Katia Ivette Narez Hernandez, por ser los motores principales que me alientan a seguir esforzándome en mi camino y alcanzar nuevas metas para que en un futuro no muy lejano también ellas sean personas de bien.

A MIS HERMANOS

Carlos Alberto por el apoyo moral y profesional que me brindo durante el transcurso de la Maestria; además, por los gratos momentos que juntos pasamos, puesto que juntos iniciamos esta travesia y ahora la vemos concluida. A mi hermana menor Ana Laura por su incondicional apoyo, cariño y su buena vibra, aunque estes tan lejos se que siempre podre contar contigo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS vii

LISTA DE FIGURAS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

I. INTRODUCCIÓN 1

II. JUSTIFICACIÓN 3

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS 4

3.1 Objetivos 4

3.1.1 Objetivo General 4

3.1.2 Objetivos Específicos 4

3.2 Hipótesis 4

IV. ANTECEDENTES 5

4.1 El cultivo 5

4.2 Importancia 6

4.3 Diversidad morfológica del cultivo 6

4.4 Características de las mazorcas y semillas 7

4.4.1 Mazorca 7

4.4.2 Semilla 7

V. MATERIALES Y MÉTODOS 11

5.1 Localización del estudio 11

5.2 Selección de materiales de cacao y evaluación de mazorcas y semillas 11

5.3 Caracterización morfológica 12

5.4 Caracterización fisicoquímica 13

5.4.1 Análisis químico proximal 13

5.4.2 Determinación de acidez total expresada a través de la acidez libre 13

5.4.3 Determinación de pH 14

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

5.4.4 Extracto acuoso y etanólico para determinación de fenoles 14
5.4.5 Determinación de fenoles totales 14
5.4.6 Indice de fermentación..... 14
5.4.7 Determinación de micronutrientes 15
5.4.8 Mediciones físicas de los granos 15
5.5 Análisis estadístico 15
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 16
6.1. Caracterización morfológica de híbridos de cacao 16
6.2 Caracterización fisicoquímica de hibridos de cacao 23
6.3 Discusión 31
VII. CONCLUSIONES..... 34
VIII. LITERATURA CITADA 35
IX. ANEXOS..... 39

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido fenólico total en función del tipo de cacao y origen geográfico..... 9
Cuadro 2. Contenido de teobromina y cafeína en función del origen y tipo de cacao. 9
Cuadro 3. Relación de híbridos considerados en el estudios 12
Cuadro 4. Caracteres cualitativos morfológicos para frutos de cacao 13
Cuadro 5. Frecuencia de ocho variables cualitativas en híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México. 17
Cuadro 6. Parámetros estadísticos de 10 variables cuantitativas morfológicas evaluadas en híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México 18
Cuadro 7 Correlación de variables morfológicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabaco, México. 19
Cuadro 8. Componentes principales mostrando los eigenvalores, proporción de variación y los eigenvectores. 23
Cuadro 9. Análisis de propiedades físicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México 24
Cuadro 10. Análisis químico proximal de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México 25
Cuadro 11. Análisis de propiedades químicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México 26
Cuadro 12. Análisis de microelementos de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México 27
Cuadro 13. Correlación de variables fisicoquímicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabaco, México 27
Cuadro 14. Componentes principales mostrando los eigenvalores, proporción de variación y los eigenvectores 30

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Agrupamiento de híbridos de cacao sobre los primeros dos componentes principales (PC1 y PC2) que toman en cuenta el 60.94% de la variación total..... 21

Figura 2. Agrupamiento de híbridos de cacao sobre los primeros dos componentes principales (PC1 y PC2) que toman en cuenta el 48.30% de la variación total..... 29

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

RESUMEN

Es esencial el conocimiento sobre la variabilidad de una especie de cultivo debido a que proporciona una guía para su utilización y conservación, además de distinguir el potencial económico de dicha especie. En el presente estudio se evaluaron las características morfológicas y fisicoquímicas de seis híbridos y un material regional (Calabacillo) de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México. Se evaluaron veinte variables morfológicas, cuantitativas y cualitativas, de mazorcas y semillas frescas, de acuerdo a los descriptores de la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas 2011, (UPOV code: THEOB_CAC) y se determinaron 25 variables fisicoquímicas para los granos secos, que consideraron Análisis Químico Proximal (AQP), propiedades físicas de semillas, pH, acidez total, absorbancia a 460 y 525 nm, índice de fermentación (razón de 460/525), fenoles totales y micro-elementos (Mg, K, Fe, Zn). Se aplicó un análisis multivariado de componentes principales (ACP) a los descriptores morfológicos y fisicoquímicos de forma independiente para identificar rasgos distintivos y el agrupamiento entre similitudes. Se encontró que los híbridos evaluados presentaron diferencias entre sí ($p<0.05$) en características morfológicas y fisicoquímicas. Los tres primeros componentes principales (CP) en el análisis morfológico describieron el 78.94% de la variación total. Las variables morfológicas cuantitativas -número de semillas, peso de semilla, largo de semilla, espesor de semilla y razón largo/ancho- y cualitativas -longitud de mazorca, superficie de mazorca, razón longitud/diámetro, forma del ápice, forma de sección longitudinal, constricción basal- fueron los parámetros más importantes para la variabilidad observada. El análisis de los tres primeros componentes principales de las variables fisicoquímicos describió el 68.01%. Las principales variables que describieron la variabilidad fueron el % cotiledón, % germen, ancho, espesor, humedad de grano, grasa, fibra, carbohidratos, abs 460, abs 525, fenoles totales (medio etanólico), magnesio, zinc. El estudio reveló características específicas de los híbridos que se pueden utilizar como criterios de selección para mejoramiento de rendimiento e indicadores de calidad.

Palabras clave: Diversidad, híbridos, variación morfológica y fisicoquímica.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

ABSTRACT

Variability knowledge of a crop species provides a guide for its use and conservation, also the economic potential distinction is essential. In the present study, the morphological and physicochemical characteristics of both cocoa (*Theobroma cacao* L.), six hybrids and one regional material (calabacillo) were evaluated in Comalcalco, Tabasco, Mexico. Twenty quantitative and qualitative morphological fruits and seeds variables were evaluated according to the International Union for the Protection of New Varieties of Plants 211 descriptors. Twenty five physicochemical variables were determined in dry grains, including Chemical Analysis Proximal (AQP), physical properties of seed, pH, total acidity, absorbance at 460 and 525 nm, fermentation index (460/525 ratio), total phenolics and micro-elements (Mg, K, Fe, Zn). Multivariate principal component analysis (PCA) was independently applied to the results of morphological and physicochemical descriptors to identify distinguishing features between similarities and grouping. It was found that the hybrids showed differences between them ($p < 0.05$) in both morphological and physicochemical characteristics. The first three principal components (PC) in the morphological analysis described the 78.94% of the total variation. Quantitative morphological variables –bean number, bean weight, bean length, bean thickness and length/width-ratio and – fruit length, fruit surface, length/diameter-ratio, apex form, longitudinal section form and basalt constriction were the most important qualitative parameters for the observed variability. The analysis of the three first principal components of physicochemical variables accounted for 68.01%. The main variables that described variability were cotyledon percentage, germ percentage, width, thickness, grain moisture, fat, fiber, carbohydrates, Abs 460, Abs 525, Total Phenols (ethanol medium), Magnesium, Zinc. The study revealed specific characteristics of hybrids that can be used as a selection criteria to improve performance and quality indicators.

Keywords: Diversity, hybrids, morphological and physicochemical changes.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo importante a nivel mundial por ser la materia prima para la industria chocolatera; además, es una fuente importante de proteína, grasa y fibra (Perea *et al.*, 2011; Tinoco y Ospina, 2010). Este cultivo se localiza en la mayoría de las regiones tropicales del mundo; en el continente Americano, en América Central y América del Sur, así como en varias islas del Caribe como Trinidad y Tobago (Braudeau, 1970), siendo el continente africano donde se encuentran los principales países productores de cacao.

En el mundo se reconocen tres tipos de cacao, con base en la diversidad morfológica observada en Centro y Sudamérica (Rangel-Fajardo *et al.*, 2012): Criollo, Forastero y Trinitario, los cuales presentan una gran variabilidad en cuanto a color, tamaño y forma de las diferentes partes de flores, mazorcas y semillas (Chacón *et al.*, 2007*)*.

A nivel mundial se han realizado esfuerzos para identificar, clasificar y seleccionar materiales valiosos de cacao, resistentes a enfermedades, con alta productividad, rendimiento y calidad. Por ejemplo, Chacón *et al*. (2007) realizaron una investigación para determinar la caracterización morfológica de mazorcas y semillas de cacao con características de Criollos, empleando la metodología de los descriptores morfológicos del CATIE, obteniendo como resultado la reducción de los descriptores así como la conformación de tres grupos de Criollos. Del mismo modo, se han hecho numerosos trabajos para evaluar la semilla de cacao, debido principalmente a que contiene varios de los minerales primordiales en la dieta, además de otras sustancias involucradas como atributos de calidad (Perea *et al*., 2011). Actualmente, el cacao es considerado una súper fruta por poseer sustancias antioxidantes, como los compuestos fenólicos, por lo que muchos estudios se han enfocado a caracterizar el contenido total de ellos en híbridos, clones y variedades (Othman *et al*., 2007; Nienemak *et al.*, 2006; Assemat *et al.*, 2005). A nivel mundial la International Cocoa Organization (CFC/ICCO/INIAP FLAVOR PROJECT 2001-2006) estableció un proyecto cuya finalidad fue cuantificar los parámetros físicos-químicos para diferenciar entre cacaos comunes y finos, donde la relación teobromina-cafeína es un indicador de estos últimos. Por lo tanto el contenido total de fenoles y la relación teobromina-cafeína son parámetros de interés para cualquier estudio sobre selección de materiales. Así que el primer paso para lograr una adecuada caracterización morfológica de mazorcas y semillas, requiere considerar las características que influyen en la calidad química, sensorial y compuestos químicos que tienen efectos favorables en la salud.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

México es reconocido como el centro de domesticación del cultivo, dado que los mayas establecieron las primeras plantaciones y utilizaban las semillas para el consumo y la elaboración de chocolate (Rangel-Fajardo *et al.*, 2012). En el estado de Tabasco, hay una gran diversidad de materiales de cacao y existen pocos estudios o investigaciones que aporten información relevante sobre la caracterización morfológica asociada con los parámetros fisicoquímicos. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológica y fisicoquímicamente las mazorcas y semillas de híbridos de cacao en el estado de Tabasco. Con lo anterior, se obtuvo información de los híbridos de cacao que presentaron características organolépticas sobresalientes en función de las variables estudiadas que, comparándola con la información de otras regiones del mundo, permitirá establecer criterios de selección útiles en la toma de decisiones para la producción de cacao en la región.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

II. JUSTIFICACIÓN

El cacao, en México, es sustento tradicional en la producción agropecuaria de numerosas zonas y en otras más tiene una perspectiva muy promisoria. Con respecto al estado de Tabasco, este ocupa el primer lugar en la producción de cacao y representa 67% de la superficie con 68% de los productores, quienes producen 80% de la producción de cacao seco a nivel nacional (Córdova *et al.,* 2008). Actualmente la producción de cacao en el estado está siendo severamente afectada por diversos factores que ocasionan pérdidas y bajos rendimientos de alrededor del 40%. Al respecto, Argüello *et al.* (1999) indicaron que el bajo rendimiento de las plantaciones se debe al uso indiscriminado de semillas, originando un germoplasma de mala calidad, que han llevado a altos porcentajes de incompatibilidad y a la existencia de árboles improductivos muy susceptibles a enfermedades y de baja calidad industrial. No obstante, la baja productividad de las plantaciones, ha afectado el desarrollo económico del sector, por lo cual las investigaciones están enfocadas en la búsqueda de materiales productivos, resistentes a enfermedades y con calidad de semillas aceptables en mercados nacionales e internacionales (Perea *et al.*, 2011).

En el año 2000 el INIFAP, estableció una parcela experimental con una colección de híbridos de cacao provenientes de diferentes países de América del Sur en la Ranchería Oriente Primera sección de Comalcalco, Tabasco, para la cual no existen reportes científicos sobre la caracterización morfológica y fisicoquímica de mazorcas y semillas, por lo que el objetivo del presente estudio fue reconocer los indicadores morfológicos y fisicoquímicos que poseen estos híbridos y establecer mejores criterios de selección de un determinado tipo de cacao con fines de industrialización.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivos

3.1.1 Objetivo General

Caracterizar morfológica y fisicoquímicamente híbridos de cacao con potencial industrial, previamente seleccionados por ser sobresalientes, con base en indicadores de productividad, en una plantación establecida en la Ranchería Oriente Primera Sección, Comalcalco, Tabasco.

3.1.2 Objetivos Específicos

a) Caracterizar la morfología de frutos y semillas de los híbridos seleccionados.

b) Cuantificar el Análisis Químico Proximal (AQP) de los cotiledones de las semillas de los híbridos seleccionados.

c) Evaluar las propiedades físicas de los granos de cacao de los híbridos seleccionados.

d) Evaluar algunas variables fisicoquímicas como contenido de fenoles totales, acidez, pH y absorbancias a 460 y 525 nm, en los híbridos seleccionados.

e) Aplicar un análisis multivariado de componentes principales (ACP).

3.2 Hipótesis

Los rasgos morfológicos y parámetros fisicoquímicos de los híbridos de cacao permitirán identificar diferencias y con ello se podrá determinar su calidad y potencial productivo en el estado de Tabasco.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

IV. ANTECEDENTES

4.1 El cultivo

El árbol de cacao es una planta de la Familia Sterculiaceae del Orden Malvaceae que contiene 22 especies, siendo *Theobroma cacao* L. la principal, utilizada para la manufactura del chocolate y otros productos comerciales (Santana *et al*., 2010) y es la que se ha esparcido para su cultivo en diferentes regiones del mundo. Este cultivo se desarrolla en el bosque húmedo tropical como hábitat natural, constituye el estrato medio del bosque cacaotero, encontrándose asociado a una variada flora que se mantiene siempre verde (Girón *et al.*, 2001). El árbol de cacao suele crecer entre 4 y 15 metros de altura, sin embargo, las especies silvestres pueden alcanzar los 20 metros o más, y es requerimiento para un buen desarrollo de los árboles de cacao que se les proporcione sombra, principalmente durante las etapas de crecimiento. La precipitación debe de ser de 1300 a1800 mm durante el año y con una estación seca corta menor a dos meses y medio, el clima debe ser constantemente húmedo con una temperatura entre los 20 y 30°C, la temperatura mínima absoluta de 10°C y las variaciones de temperatura entre día y noche no deben ser mayores de 9°C. En el continente Americano las plantaciones de cacao se ubican entre las latitudes de los 18° Norte (Tabasco, Chiapas y Veracruz en México) y los 15° Sur (Matto Grosso; Brasil y Bolivia), y en altitudes desde los 0 hasta los 1000 msnm.

A nivel mundial, África es el principal continente productor de cacao, aportando 70.3% de producción al mercado internacional, mientras que México solo aporta 1.1% de la producción mundial de cacao y es el único país productor de cacao de Norteamérica (Córdova *et al*., 2008). A pesar de concentrar una pequeña producción, el uso del cacao en México se remonta a la época prehispánica, después de su llegada a través de rutas comerciales desde Sudamérica, y es en nuestro país donde varias culturas prehispánicas como los Olmecas, Mayas, Aztecas y otras, le dieron un empleo de tipo comercial, alimenticio y ceremonial. Los Olmecas podrían haber sido los primeros en domesticar el árbol del cacao (*Theobroma cacao* L.) y descubrir la forma de hacer chocolate (Powis *et al.*, 2011).

Cuando los españoles invaden México, descubren la bebida *Xocolatl* y la mezclan con azúcar, canela y vainilla para proporcionarle un mejor sabor. Así que, desde el siglo XVI a través de los españoles, es dado a conocer esta bebida al continente europeo a través de las distintas casas reales y su cultivo a las colonias respectivas de los países europeos. El cacao fue un cultivo comercial bien establecido desde principios del siglo XVI. La principal área de cultivo al comienzo del siglo XVI fue el estado de Tabasco, en el Golfo de México y la zona conocida como Soconusco en la costa del Pacífico de México, lo que ahora es

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

conocido como Guatemala y El Salvador. Después de la conquista de México, el cultivo de cacao se expandió a las islas del caribe y parte de Suramérica, pero México se mantuvo como el mayor mercado de cacao hasta el siglo XVII (Wood y Lass, 1985). Es a partir del siglo XIX que la evolución de la producción mundial se incrementa fuertemente, pasando de 115 mil toneladas en 1900, a más de 3 millones de toneladas en la actualidad.

4.2 Importancia

El cultivo de cacao es una actividad de larga tradición en los países productores y su producción ha significado una importante actividad agrícola, ha generado inversión y fuentes de trabajo por ser un cultivo permanente, eminentemente conservacionista, que arraiga al agricultor a la tierra (Álvarez *et al*., 2002), así también se ha buscado la producción de semillas de buena calidad aromática de los tipos "Criollos". Bolívar *et al*. (2009) manifestaron que el cultivo de cacao, está considerado como un cultivo de importancia ecológica y ambiental, por encerrar varios principios conservacionistas: es reservorio de nutrientes por el reciclaje proveniente de abundantes restos de las mazorcas, tallos y hojarascas del propio cultivo y de las plantas usadas como sombra temporal o permanente, en su mayoría leguminosas fijadoras de nitrógeno.

De forma puntual, en la zona arqueológica de Mokaya, en el Paso de la Amada en la costa del Pacífico de Chiapas y la zona arqueológica Olmeca del Manatí en la costa del Golfo en Veracruz en México, han sido localizadas vasijas cerámicas con residuos de bebidas de cacao durante la etapa temprana formativa (1900-900 A.C.), evidenciando el uso de cacao 700 años antes de lo documentado (Powis *et al*., 2011). Además, se tiene evidencia que hace 1500 años los Mayas de Yucatán domesticaron y cultivaron cacao en forma de jardines (Córdova *et al*., 2008) del cual tostaban y molían la semilla para elaborar chocolate y su consumo estuvo asociado con riqueza y poder, estableciendo las primeras plantaciones cacaoteras en Centroamérica (Rangel-Fajardo *et al.*, 2012). Por lo anterior, México es considerado el centro de domesticación del cacao lo que le da una imagen histórica fuerte.

4.3 Diversidad morfológica del cultivo

Existen dos grupos morfo-geográficos reconocidos como subespecies: *T. cacao* ssp. *cacao* (Criollo) y *T. cacao* ssp. *sphaerocapum* (Forastero) y un tercer grupo originado de cruzas naturales del Criollo y Forastero llamado Trinitario, por haberse generado en Trinidad y Tobago (Rangel-Fajardo *et al.*, 2012). Diferentes autores han utilizado descriptores botánico–agronómicos con el fin de caracterizar la diversidad existente en cacao, de acuerdo a su forma, tamaño y color, para lo cual recomiendan realizar las observaciones en plantas adultas; además de que hay que considerar las variables

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México

ambientales para realizar una adecuada caracterización del cacao mediante estos métodos (Parra *et al*., 2002).

Debido al proceso de hibridación natural con materiales de calidad inferior, el cacao producido en los países productores ha perdido la calidad que poseía, por lo que actualmente se exportan mezclas de baja calidad con la consecuente disminución de precios (Lemus *et al*., 2002). Por ello se requiere conocer con precisión la identidad real de las plantas que conforman las plantaciones existentes en las zonas de producción, a fin de iniciar el rescate y mejoramiento de dichas plantaciones (Parra *et al*., 2001).

4.4 Características de las mazorcas y semillas

4.4.1 Mazorca

Los frutos de esta planta neotropical se conoce como "mazorca o baya" formada por una cáscara en cuyo interior se encuentran las semillas rodeadas de un mucilago; la morfología de las mazorcas son altamente variables según los genotipos, siendo más característicos los cacaos pertenecientes al grupo de los híbridos del tipo Forastero (Álvarez *et al*., 2002). Sin embargo Angulo *et al*. (2001) comentaron que la forma, el tamaño y color de la mazorca, atributos de interés en la identificación y descripción, varían según el tipo de cacao. Wood y Lass (1985) establecen que en algún tiempo la forma de la mazorca fue un indicador de la calidad de los granos de cacao y de acuerdo a la forma fueron nombradas como angoleta, cundeamor, amelonado y calabacillo (señaladas en orden de calidad). La forma está determinada por la relación entre el largo y el ancho y por la configuración de los extremos; el apical puede terminar o no en un estrangulamiento en forma de cuello de botella y el basal puede ser más o menos acuminado, siendo casi esférico en los calabacillos, alargado y puntiagudo en los cundeamor y angoleta, oval en los amelonados. El tamaño de la mazorca depende del largo, que oscila de 10 a 30 cm, y del ancho que puede ser de 7 a 9 cm. El color es también muy diverso, presentando las mazorcas inmaduras un color verde, rojo violeta o parcialmente pigmentados de rojo violeta y al madurar el color verde pasa a amarillo y el rojo violeta a anaranjado, persistiendo la pigmentación en algunos casos (Graciani *et al*., 2002).

4.4.2 Semilla

El tipo Criollo presenta semillas grandes y carnosas con cotiledones blancos o ligeramente pigmentados, de sabor dulce o levemente amargo (Lemus *et al*., 2002). En el Forastero, las semillas son pequeñas y algo aplanadas con cotiledones de color violeta oscuro, algunas veces casi negro, de forma triangular y sabor astringente. El grupo Trinitario está constituido por poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Criollos y Forasteros, presentando las semillas características intermedias entre los dos tipos que le dieron origen (Angulo e*t al.,* 2001).

La semilla de cacao está recubierta por una pulpa mucilaginosa de color blanco, sabor azucarado y acídulo. Al eliminar el mucílago o pulpa aparece una envoltura delgada de color rosado que constituye el tegumento o cáscara de la semilla. Las dimensiones de ésta son variables, oscilando el largo entre 20 y 30 mm, el ancho entre 10 y 17 mm y el espesor entre 7 y 12 mm. La forma también es variable y puede ser triangular, ovoide, alargada, redondeada, aplanada, dependiendo de las condiciones ambientales y del número de semillas por mazorca (Angulo *et al.,* 2001). Sin embargo Zambrano *et al.* (2010) manifiestan que entre los parámetros que influyen en la selección de un determinado tipo de cacao de calidad con fines de industrialización se encuentran aspectos físicos tales como el tamaño de la semilla, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca y humedad.

Perea *et al.* (2011) reportaron que, de acuerdo a las evaluaciones químicas que se le han hecho a las semillas de cacao seco, se encuentra que la grasa es el componente mayoritario con contenidos que oscilan entre 49% y 56%; las semillas de cacao contienen varios de los minerales primordiales en la dieta (potasio, magnesio, fósforo) además de cantidades apreciables de polifenoles especialmente de flavonoides, sustancias con alto potencial antioxidante. Sin embargo, Niemenak *et al*. (2006) señalaron que dentro de la industria de procesamiento de cacao se encuentran semillas de diferentes orígenes geográficos, por lo que se tienen diferentes propiedades químicas y sensoriales, existiendo una correlación con el contenido fenólico total de las semillas. La extensión de la influencia del genotipo, origen geográfico, método de fermentación, tamaño de mazorca, entre otros, en el contenido de compuestos fenólicos no han sido bien establecidas. Dentro de su estudio, Niemenak *et al*. (2006) propusieron encontrar una relación entre tamaño de mazorca, número de semillas por mazorca y contenido fenólico total de 19 clones de Camerún tomados del Institut de Recherche Agricole pour le Developpement (IRAD). Los resultados de la investigación mostraron que no hubo diferencias cualitativas en compuestos fenólicos a pesar de su origen geográfico y del proceso de fermentación simulado, sin embargo, sí se encontraron diferencias cuantitativas, las cuales pueden ser atribuidas a las condiciones de crecimiento. También se obtuvieron correlaciones entre el número de semillas y contenido de catequina.

Las diferencias en los contenidos de fenoles totales, teobromina y cafeína quedan de manifiesto en los Cuadros 1 y 2, debido a que en México los estudios son escasos, por lo que se debe poseer esta información para establecer criterios de selección.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 1. Contenido fenólico total en función del tipo de cacao y origen geográfico.

Origen geográfico	Variedad/clon/híbrido	Fenoles totales	Fuente
Costa de marfil	Forastero	81.5 mg GAE/g	Tomas *et al.* (2007)
Colombia	Amazónico	81.4 mg GAE/g	-
Guinea- Ecuatorial	Amazónico Forastero	72.4 mg GAE/g	-
Ecuador	Amazónico híbrido	84.2 mg GAE/g	-
Venezuela	Trinitario	64.3 mg GAE/g	Hii *et al.* (2009)
Perú	Criollo	50.0 mg GAE/g	-
República Dominicana	Criollo	40.0 mg GAE/g	-
Malasia	Desconocido	71.42-82.68 mg GAE/g	-
Camerún	19 clones	67-149.2 mg EPC/g	Niemenak *et al.* (2006)
Ghana	4 híbridos	70-80 mg FER/g	Jonfian *et al.* (2008)
Brasil	Forastero	132.7 mg/g	Martini *et al.* (2008)
Indonesia	F1(GC7 vs SCA6/SCA12)	134.6 g/kg	-
Brasil	Desconocido	79.9 mg/g	Misnawi *et al*. (2002)
Ecuador	EET 95 (24 licores)	30.3-85.2 mg/g	Luna *et al*. (2002)
Brasil	Forastero	231 mg AT/g	Radojčić *et al.* (2009)
Ecuador		8.14 mg/g	-
Ghana		4.01 mg/g	-
Madagascar		12.65 mg/g	-
México	Desconocido (licor)	8.37 mg /g	-
San Tomas		4.92 mg/g	-
Venezuela		5.19 mg/g	-
Ghana	Desconocido	4.10-4.83 mg EPC/g 13.07-16.11	Camu *et al*. (2008)

GAE=equivalente de ácido gálico; EPC=equivalente de epicatequina; AT=equivalente de ácido tánico

Cuadro 2. Contenido de teobromina y cafeína en función del origen y tipo de cacao.

Origen geográfico	**Variedad/clon/hibrido**	**Teobromina**	**Cafeína**	**Fuente**
Ghana	Desconocido	0.84-1.33 mg/g 1.98-2.85 mg/g	0.06-0.10 mg/g 0.18-0.25 mg/g	Camu *et al*. (2008)
Ecuador	EET95 (24 licores)	17-26.3 mg/g	2.8 -7.2 mg/g	Luna *et al.* (2002)
Ecuador		1.21 mg/g	0.43 mg/g	Radojčić *et al*. (2009)
Ghana		1.97	0.12 mg/g	-
Madagascar		1.83	0.25 mg/g	-

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

México	Desconocido (licor)	1.14	0.33 mg/g	-
San tomas		1.98	0.16 mg/g	-
Venezuela		1.11	0.38 mg/g	-
México	Costarica	20.34 mg/g	182 mg/g	Sotelo y Álvarez (1991)
México	Criollo	13.87 mg/g	7.69 mg/g	-
Hawaii	Desconocido	21894 nmol/g peso fresco	-	

Reyes *et al*. (1999) mencionan que la calidad en semilla se manifiesta a través de las características fisicoquímicas (tamaño, peso, color, contenido de grasa) y las características organolépticas. Es por ello que, Álvarez *et al.* (2007) comentan a su vez que la calidad de la semilla depende de las condiciones climáticas, manejo agronómico, condiciones del suelo y lo más importante la tecnología poscosecha que se aplique. Sin embargo, Elwers *et al*. (2009) establecen que los compuestos fenólicos contribuyen a definir los atributos de calidad en cacao y por ello la necesidad de determinar la variabilidad de estas sustancias sin procesar y durante el tratamiento poscosecha. Dentro de sus estudios, evaluaron clones Criollos, Forasteros y Trinitarios de diferentes orígenes geográficos encontrando diferencias en los tipos específicos de compuestos fenólicos sin fermentar en las semillas de cacao. El Criollo se distingue de otros tipos o subgrupos de cacao de forma considerable. En general, estos compuestos disminuyen de forma individual durante la fermentación y secado dependiendo del tipo de cacao. Por otro lado, el tipo de nutrientes específicos del sitio influye en la cantidad y composición de estos compuestos.

En México, López (1996a) menciona que la Norma Oficial Mexicana NOM-F-352-S-1980, es el documento donde se establecen las características del cacao; por ejemplo, el de calidad de exportación se denomina fermentado clase México 1, el cual presenta alguna de estas características: humedad de 7.5%, aflatoxinas 2 ppm máximo, ausencia de microorganismos, tamaño de 900 y 1200 semillas por kilogramo, materias extrañas como: madera, tallos, restos de mazorcas, restos de sacos, piedras y fibras, 0.5% máximo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del estudio

El presente estudio se realizó en una plantación de cacao ubicada en la División Académica Multidisciplinaria de Comalcalco (DAMC) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Se encuentra localizada en la Ranchería Oriente Primera Sección de Comalcalco, Tabasco, N 18°13´61.0´´ W 93°13´89.6´´ altitud de 10-20 msnm, precipitación media anual de 1934 milímetros y temperatura media de 26.4°C. La plantación de cacao considerada para el presente estudio tiene una superficie de 1.5 ha con 660 árboles, establecidos en un marco real de 4 m x 4 m, que corresponden a 22 diferentes materiales de híbridos de cacao (Anexo 2), de los cuales se sembraron 30 árboles de cada material de forma aleatorizada. La plantación tiene una edad aproximada de 12 años y en los últimos años no se ha dado un buen manejo agronómico. Esta plantación tiene un sistema de sombra cultivada que utiliza la especie arbórea *Eritrina americana* establecidas en marco real de 9 m x 9 m.

5.2 Selección de materiales de cacao y evaluación de mazorcas y semillas

La fecha de inicio para el presente estudio fue en septiembre de 2012 en la cual las plantas se encontraron en producción, se seleccionaron para su evaluación siete materiales, los mejores seis híbridos y un material regional "Calabacillo (Cuadro 3) de un total de 22 (Anexo 2) de acuerdo a un recorrido técnico por la plantación y con base en las características físicas que presentaron las plantas, principalmente índice de mazorcas, índice de semillas y el número de mazorcas por árbol, tal como lo estableció Pound en Trinidad y Tobago. quien formó la base de estos criterios para la selección de clones sobresalientes en rendimientos (López, 1996b).

Los frutos y semillas frescas de cada genotipo, fueron caracterizados morfológicamente empleando los descriptores de la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas 2011, (UPOV code: THEOB_CAC).

Los frutos seleccionados fueron mazorcas sanas y en estado de maduración. Los granos húmedos se separaron de la placenta central y todas las semillas obtenidas por cada hibrido

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

fueron mezcladas para obtener una muestra compuesta y llevar a cabo los análisis morfológicos y fisicoquímicos.

Cuadro 3. Relación de híbridos considerados en el estudios

GENOTIPO	ARBOL GENEALÓGICO
G10	RIM 75 X EET 400
G11	RIM 75 X SPA 9
G14	UF 29 X POUND 7
G15	UF 29 X IMC 67
G17	UF 613 X IMC 67
G19	POUND 7 X EET 48
G21	CALABACILLO

RIM=Región Ízapa México; UF=United Fruit Co; Pound=Pound; EET=Estación Experimental Tropical; SPA=Scavina Progenies Amazonia; IMC=Iquitos Marañón Collection.

5.3 Caracterización morfológica

En la caracterización morfológica de la mazorca se consideraron ocho variables cualitativas; la forma de la mazorca, constricción basal, forma del ápice, forma de la superficie, profundidad de los surcos, color del fruto, grosor del exocarpio, color de la pulpa, forma en sección longitudinal de la semilla, color del cotiledón (Cuadro 4). Así también, 10 variables cuantitativas tales como peso de la mazorca (g), longitud de la mazorca (cm), diámetro de la mazorca (cm), relación longitud-diámetro de la mazorca, número de semillas, peso de las semillas (g), largo de la semilla (mm), ancho de la semilla (mm), relación longitud-ancho de la semilla, espesor de la semilla (mm).

Una muestra aleatoria de las semillas frescas de 30 granos fue seleccionada para medir la longitud (L) y el ancho (W) con una precisión micrométrica ±0.01 mm. El peso de la mazorca y de los granos fue llevado a cabo con una balanza de precisión Scout Pro Ohaus.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 4. Caracteres cualitativos morfológicos para frutos de cacao

	Carácter	Estado
1	Forma de mazorca	1 = oval; 2 = circular; 3 = elíptica; 4 = oblonga
2	Constricción basal	1= ausente; 3 = débil; 5 = moderado; 7 = fuerte
3	Forma del ápice	1 = entallado; 2 = agudo; 3 = obtuso; 4 = redondeado
4	Superficie de la mazorca	1 = lisa o ligeramente rugosa; 3 = moderadamente rugosa; 5= muy rugosa
5	Profundidad de los surcos	1= ausente o muy poco profunda; 2 = poco profunda; 3 = media; 4 = profunda
6	Grosor del exocarpio	3 = delgado; 5 = medio: 7 = grueso
7	Color de la pulpa	1 = blanco; 2 = crema claro; 3 = crema oscuro
8	Forma en sección longitudinal de la semilla	1 = oblonga; 2 = elíptica; 3 = oval

5.4 Caracterización fisicoquímica

A los granos secos se les eliminó la cascarilla y el germen de forma manual para obtener los cotiledones. Estos fueron molidos y tamizados a través de una malla # 20. El polvo así obtenido se utilizó para llevar a cabo los análisis fisicoquímicos.

5.4.1 Análisis químico proximal

El contenido de humedad fue determinado en estufa a 104ºC por 24 h; para proteína se utilizó el método de Micro-Kjeldahl con un factor de conversión de nitrógeno de 0.25; grasa cruda, fibra cruda y cenizas fueron también determinados. Los carbohidratos se calcularon por diferencia. En todos los casos, la determinación se realizó por triplicado de acuerdo con la AOAC (1995).

5.4.2 Determinación de acidez total expresada a través de la acidez libre

Se tomó 5 g por muestra y se agregó 50 ml de agua destilada, dejando en agitación durante una hora para homogenización y se realizo una titulación potenciométrica con NaOH al 0.1 N a un valor de pH de 8.3. Los resultados se expresaron en ml de Hidróxido de Sodio gastados para neutralizar la acidez libre contenida en un gramo de cacao (ml de NaOH 0.1 N / g de cacao).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

$$\text{Acidez libre} = (\text{V NaOH 0.1 N}) / 5$$

El coeficiente de Zeller permite el cálculo para acidez total:

$$\text{Acidez total} = \text{Acidez libre} (1/0.5792)$$

5.4.3 Determinación de pH

Se tomó 5 g por muestra molida y tamizada, se agregó 50 ml de agua destilada, se agitó una hora para homogenización de la mezcla, y se realizó la medición del pH con un potenciómetro Hanna Instrument pH213 (Pontillon 1998).

5.4.4 Extracto acuoso y etanólico para determinación de fenoles

El extracto fue preparado de acuerdo al método de Singleton y Rossi (1965) modificado por Othman *et al.* (2007). A 40 mg de cacao molido se le adicionó 4 ml de agua destilada y/o etanol acuoso al 70% y se puso en agitación por 2 horas a 200 rpm en un agitador marca Orbit Shaker. La mezcla fue filtrada a través de un papel filtro (Whatman No. 1) usando una unidad de filtración Buchner. El filtrado fue considerado como extracto de cocoa y utilizado para las pruebas de determinación de fenoles.

5.4.5 Determinación de fenoles totales

Se tomaron 200μl del extracto acuoso y/o etanólico y se les añadió1.5 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu (Hycel®), se mantuvo en reposo durante 5 minutos y se le agregó 1.5 ml de Na_2CO_3 al 0.566 M; la mezcla resultante se incubó en baño María durante 20 minutos a 40°C, posteriormente se procedió a tomar la lectura en un espectrofotómetro Genesys 10S Uv-Vis de Thermo Scientific a 725nm. Los valores se reportaron en miliequivalentes de ácido gálico. La curva de calibración se realizó en un rango de 0.02 a 1.0 mg/ml.

5.4.6 Indice de fermentación

Las muestras de polvo de cacao (500 mg) seco fueron pesadas y solubilizadas en una solución de metanol-ácido clorhídrico (97:3 v/v) y aforadas a 50 mL. La solución se almacenó a 8 ± 2 ^{o}C por16-18 h. Después la mezcla fue filtrada a través de un papel filtro Whatman No. 1 y se tomaron 4 ml del filtrado y se aforaron a 25 ml con la solución de

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

metanol-ácido clorhídrico (97:3 v/v). A partir de esta solución se leyó la absorbancia a 460 nm y 525 nm utilizando un espectrofotómetro ThermoScientific 3000. El índice de fermentación fue obtenido por la razón de las absorbancia a 460 nm y 530 nm (FI = A460/A530).

5.4.7 Determinación de micronutrientes

Los micronutrientes se determinaron en su forma total, mediante el método de digestión con HNO_3-$HClO_4$ y lectura de sus absorbancias por absorción atómica en modo de emisión a la longitud de onda correspondiente (Allan 1971).

5.4.8 Mediciones físicas de los granos

Las mediciones cuantitativas fueron hechas sobre 30 granos secos de cacao por genotipo. El peso individual de cada uno de los treinta granos seleccionados fue registrado a través de un balanza analítica Denvers Instrument. La longitud, espesor y ancho de cada semilla fue medido en milímetros a través de un vernier digital (Kaushik *et al.* (2007). La razón entre la longitud, ancho y espesor fue del grano estimada de los valores individuales de acuerdo con Omokhafe y Alika (2004).

5.5 Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva para todos los parámetros evaluados en los híbridos con las 20 variables de respuestas morfológicas y 25 variables fisicoquímicas que fueron determinadas. Además se realizó un análisis de componentes principales (PCA) el cual permitió transformar los vectores originales en combinaciones lineales normalizadas no correlacionadas, así como explicar con los componentes principales de mayor porcentaje, la mayor variabilidad de las variables originales (Nava y Mejía, 2002). Los análisis antes mencionados fueron llevados a cabo utilizando el paquete estadístico MATLAB v. 7.0.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La frecuencia de las variables morfológicas cualitativas de híbridos se muestran en el Cuadro 5, mientras que la descripción estadística de las variables cuantitativas morfológicas y fisicoquímicas en los Cuadros 6 al 14. Las Figuras 1 y 2 muestran los agrupamientos de los híbridos sobre los dos componente principales y la relación con las variables morfológicas y fisicoquímicas.

6.1. Caracterización morfológica de híbridos de cacao

El coeficiente de variación (CV) de 10 variables cuantitativas morfológicas estuvieron en el intervalo de 6.28 (largo de la semilla) a 21.08 (peso de la mazorca). La media global es presentada en el Cuadro 5. El peso (380.66 g) y diámetro mínimo (7.30 cm) de mazorca correspondieron al G11, mientras que longitud (13.90 cm) y relación longitud/diámetro (1.64) correspondió al G21. El mínimo de número de semillas (35) y relación largo/ancho (1.62) se encontró en el G10. El mínimo en largo (21.64 mm) y espesor de semilla (7.22 mm) correspondió al G21. El menor peso de semillas en mazorca y ancho de semilla fue obtenido en G11 y G15 respectivamente. En cuanto a los valores máximos encontrados en peso de la mazorca, longitud de la mazorca, número de semillas, largo de la semilla correspondieron al G17, peso de semilla y espesor de semillas al G19, mientras que diámetro, relación longitud/diámetro, ancho de semilla y relación largo/ancho al G14, G11, G10 y G15, respectivamente.

El análisis de correlación (Cuadro 7) mostró una correlación positiva entre todas las variables morfológicas. El peso de la mazorca presento un correlación significativa ($p \leq 0.05$) con el diámetro de la mazorca, número de semillas y peso de semillas. La longitud de la mazorca tuvo una correlación significativa ($p \leq 0.05$) con la relación longitud/diámetro y el espesor de la semilla. El número de semillas mostró una correlación única con el largo de semilla, mientras que ésta variable, junto con el ancho de la semilla, se correlacionaron con la relación largo/ancho.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 5. Frecuencia de ocho variables cualitativas en híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México.

Variables	Estado	% global
1) Forma de la mazorca	1 = oval	14.29
	2 = circular	0.00
	3 = elíptica	57.14
	4 = oblonga	28.57
2) Constricción basal	1 = ausente	57.14
	3 = débil	28.57
	5 = moderado	14.29
	7 = fuerte	0.00
3) Forma del ápice	1 = entallado	14.28
	2 = agudo	42.86
	3 = obtuso	42.86
	4 = redondeado	0.00
4) Superficie de la mazorca	1 = lisa o ligeramente rugosa	28.57
	3 = moderadamente rugosa	71.43
	5= muy rugosa	0.00
5) Profundidad de los surcos	1 = ausente o muy poco profunda	57.14
	2 = poco profunda	14.29
	3 = media	28.57
	4 = profunda	0.00
6) Grosor del exocarpio	3 = delgado	42.86
	5 = medio	42.86
	7 = grueso	14.28
7) Color de la pulpa	1 = blanco	42.86
	2 = crema claro	57.14
	3 = crema oscuro	0.00
8) Forma en sección longitudinal de la semilla	1 = oblonga	85.71
	2 = elíptica	0.00
	3 = oval	14.29

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 6. Parámetros estadísticos de 10 variables cuantitativas morfológicas evaluadas en híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México

Variables	Media	DS	Mín.	Máx.	CV (%)
			ANÁLISIS MORFOLÓGICO		
Peso mazorca (g)	533.78	112.55	380.66	712.29	21.08
Longitud mazorca (cm)	17.13	1.99	13.90	19.80	11.60
Diámetro mazorca (cm)	8.47	0.66	7.30	9.36	7.78
Relación Longitud/diámetro	2.02	0.30	1.64	2.42	14.76
No. Semillas	40.99	4.68	35.00	48.00	11.42
Peso (g) de semillas en mazorca	139.73	19.31	113.30	163.29	13.82
Largo de la semilla (mm)	24.04	1.51	21.64	25.59	6.28
Ancho de la semilla (mm)	12.75	0.95	10.88	13.84	7.43
Relación Largo/ancho	1.89	0.24	1.62	2.34	12.51
Espesor de la semilla (mm)	8.34	0.90	7.22	9.55	10.78

DS= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 7 Correlación de variables morfológicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabaco, México.

	PM	LM	DM	L/D	NS	PSM	LS	AS	L/AS
LM	0.5173								
DM	0.7856*	-0.1052							
L/D	-0.0524	0.8223*	-0.6483						
NS	0.7602*	0.2918	0.6008	-0.1215					
PSM	0.9107*	0.5380	0.6202	0.0540	0.6862				
LS	0.6041	0.4226	0.3619	0.1487	0.7593*	0.5111			
AS	-0.0766	0.1506	-0.1236	0.2020	-0.4960	-0.1072	-0.4594		
L/AS	0.3471	0.1140	0.2607	-0.0576	0.6788	0.3179	0.7909*	-0.903**	
ES	0.4954	0.7729**	-0.0257	0.6120	0.2967	0.6566	0.2444	0.4037	-0.1743

PM=Peso de mazorca (g); LM=Longitud de mazorca(cm); Diámetro de mazorca (cm); L/D Relación longitud-diámetro; NS=Número de semillas; PSM=Peso (g) de semillas en mazorca; LS=Largo de semilla (mm); AS=Ancho de semilla (mm); L/AS=Relación larga-ancho de semilla; ES=Espesor de semilla (mm).

*p≤0.05; **p≤0.01

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

El análisis de componentes principales encontró que los tres primeros componentes principales (CP) agrupan el 78.34% de las variaciones totales entre los híbridos de cacao (Cuadro 8). El análisis del primer componente principal (CP1) describe el 36.15% de la variación total, la cual es descrita por siete variables correspondientes tanto al fruto como a la semilla (longitud y superficie de la mazorca, grosor del exocarpio, número de semillas, peso y largo de las semillas, relación largo/ancho). Todas las variables presentaron una correlación negativa en este eje. El segundo componente principal (CP2) describe el 24.78% y fue principalmente descrito por las variables que corresponden al fruto (longitud de mazorca, relación longitud/diámetro, forma de ápice y espesor de semilla). Todas las correlaciones fueron positivas con excepción de la forma del ápice. El tercer componente principal (CP3) contribuye con el 17.40% y la contribución de las variables correspondieron a las pruebas cualitativas de constricción basal, superficie de la mazorca y forma de la sección longitudinal. Las características cualitativas que incluyen forma, constricción basal, profundidad de surcos, forma de ápice y color de pulpa con excepción del ancho de semilla toman en cuenta el 16.02% de la variación total en los componentes (CP4 y CP5).

La Figura 1 presenta la distribución de los seis híbridos y el material regional mostrando el peso de los dos componentes principales obtenido de las desviaciones normalizadas. Se puede observar dos agrupamientos visibles G10, G11, G21 y G14, G15, G17, G19, respectivamente. Esta figura muestra claramente el sesgo de algunas características entre los hibridos estudiados y cómo estas respuestas explican la mayoria de la variación total.

.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

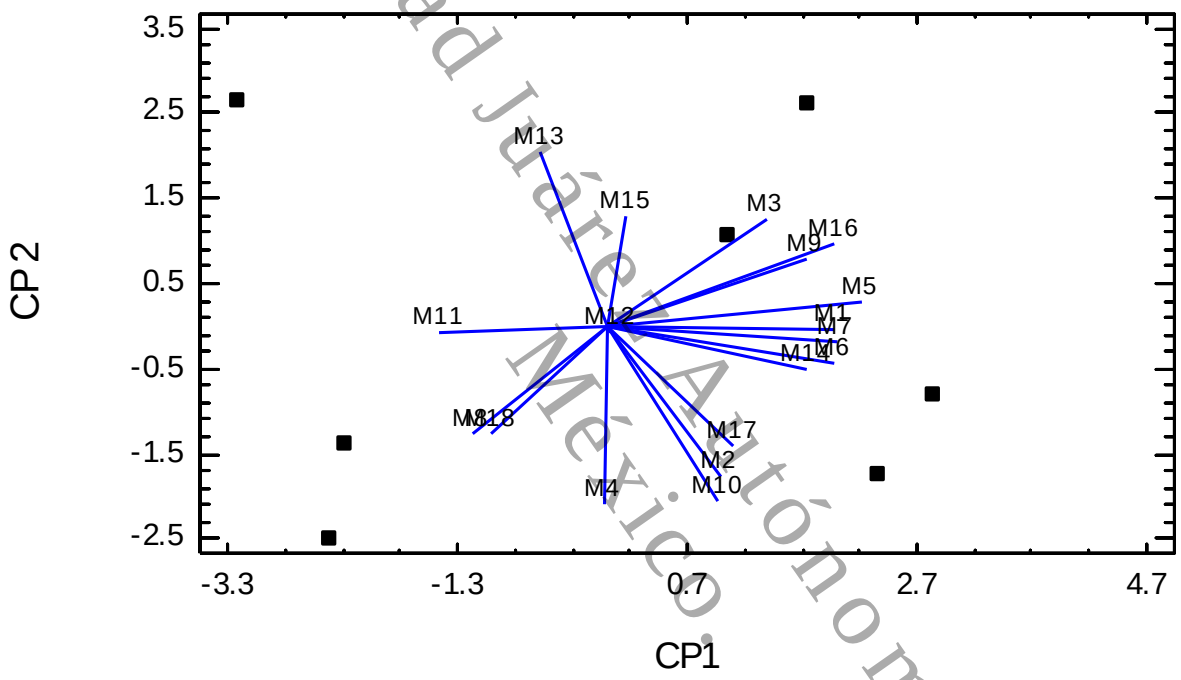

Figura 1. Agrupamiento de híbridos de cacao sobre los primeros dos componentes principales (PC1 y PC2) que toman en cuenta el 60.94% de la variación total

M1=Peso de la mazorca; M2=Longitud de mazorca; M3=Diámetro de mazorca; M4=L/D Relación longitud-diámetro; M5=Número de semillas; M6=Peso de semillas en mazorca; M7=Largo de semilla (mm); M8=Ancho de semilla (mm); M9=Relación larga-ancho de semilla; M10=Espesor de semilla; M11=forma de la mazorca; M12= constricción basal; M13=forma del ápice; M14=Superficie de la mazorca; M15=profundidad de los zurcos; M16=Grosor del exocarpio; M17=color de la pulpa; M18=forma de la sección longitudinal.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 8. Componentes principales mostrando los eigenvalores, proporción de variación y los eigenvectores.

Variable	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Valor propio	6.5086	4.4607	3.1321	1.6071	1.2792
Varianza absoluta	0.3615	0.2478	0.1740	0.0892	0.0710
Varianza acumulada	0.3615	0.6094	0.7834	0.8727	0.9437
			Eigenvectores		
Peso mazorca (g)	-0.3256*	0.0102	-0.2804	-0.0513	0.0922
Longitud mazorca (cm)	-0.1658	0.343*	-0.1126	-0.3057*	-0.2047
Diámetro mazorca (cm)	-0.2308	-0.2434	-0.2763	0.0876	0.2902
Relación Longitud/diámetro	0.0023	0.4089*	0.0887	-0.2785	-0.2734
No. Semillas	-0.3656*	-0.0564	-0.0463	-0.0981	0.0444
Peso (g) de semillas en mazorca	-0.3254*	0.0878	-0.2261	0.199	-0.0883
Largo (mm)	-0.3321*	0.0372	0.1978	-0.2143	0.2217
Ancho (mm)	0.1933	0.2428	-0.2956	0.0708	0.3981*
Relación Largo/ancho	-0.2871	-0.1522	0.2944*	-0.1666	-0.1798
Espesor (mm)	-0.1594	0.3966*	-0.1824	0.1301	-0.0103
Forma de la mazorca	0.2407	0.0151	0.013	-0.4646*	0.2283
Constricción basal	-0.0047	0.0128	-0.4605*	-0.4328*	-0.007
Forma del ápice	0.0945	-0.3995*	0.0583	-0.1644	0.3117*
Superficie de la mazorca	-0.2892	0.0994	0.3134*	-0.0742	0.2616
Profundidad de los surcos	-0.0254	-0.2508	-0.2242	-0.4234*	-0.0519
Grosor del exocarpio	-0.3275*	-0.1886	0.1682	-0.0486	-0.1281
Color de la pulpa	-0.1811	0.2744	0.0841	0.0891	0.5092*
Forma en sección longitudinal de la semilla	0.1645	0.2459	0.354*	-0.2203	0.2116

* significativo $p \leq 0.05$

6.2 Caracterización fisicoquímica de hibridos de cacao

Con la finalidad de establecer diferencias entre los granos de cacao secos de los híbridos se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos que involucraron determinaciones establecidas como indicadores de calidad en granos (Wood y Lass, 1985) y otros análisis que han sido señalados de importancia (Senanayake *et al.*, 1997; Cros *et al.*, 1982)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

El análisis de las propiedades físicas de los granos presentó un CV dentro de 1.36 a 16.47% (Cuadro 9). El peso del grano promedio mínimo (1.01 g) y largo de semilla (22.38 mm) fue para G11, en cuanto a porcentaje de cascarilla (8.02%) y porcentaje de germen (0.73%) en G19, ancho (11.72 mm) y espesor (7.31 mm) correspondieron a G15 y el porcentaje de cotiledón (87.30%) a G10. El máximo encontrado en peso promedio del grano (1.51 g), ancho (13.95 mm) y espesor (9.60 mm) en G19, porcentaje de cascarilla (11.39%) a G10, % de cotiledón (90.83%) a G21, porcentaje de germen (1.06%) a G15, largo (24.74 mm) a G14.

El cuanto al análisis químico proximal (AQP), se encontró que el CV estuvo entre 1.67 a 28.46% (Cuadro 10). Los contenidos mínimos de grasa (47.74%) y ceniza total (6.33%) fueron para el híbrido G14, mientras que proteína cruda (18.50%), fibra cruda (6.33%) y carbohidratos (9.65%) para G14. G10, G19 y G14 respectivamente. Para el caso de los valores máximos encontrados en grasa (49.69%), ceniza total (7.84%) y carbohidratos (19.48%) correspondieron a G21 y para proteína cruda (19.85%), fibra cruda (13.42%) en G14, G17, respectivamente.

Cuadro 9. Análisis de propiedades físicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México

Variables	Media	DS	Mín.	Máx.	CV (%)
Peso promedio del grano (g)	1.23	0.20	1.01	1.51	16.47
Cascarilla (%)	9.06	1.21	8.02	11.39	13.31
Cotiledón (%)	89.80	1.22	87.30	90.83	1.36
Germen (%)	0.90	0.11	0.73	1.06	12.40
Largo (mm)	23.58	0.80	22.38	24.74	3.38
Ancho (mm)	13.08	0.84	11.72	13.95	6.42
Espesor (mm)	8.08	0.95	7.31	9.60	11.77

DS= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 10. Análisis químico proximal de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México

Variables	Media	DS	Mín.	Máx.	CV (%)
Humedad grano	5.63	0.15	5.50	5.86	2.58
Humedad cotiledón	2.84	0.43	2.13	3.31	15.24
Grasa	48.83	0.82	47.74	49.69	1.67
Proteína cruda	19.24	0.53	18.50	19.85	2.76
Fibra cruda	10.18	2.55	6.95	13.42	25.05
Ceniza total	7.17	0.53	6.33	7.84	7.46
Carbohidratos	12.17	3.47	9.65	19.48	28.46

DS= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación

El CV presentó un intervalo de 2.71 a 49.80 entre las propiedades químicas evaluadas (Cuadro 11). Los niveles mínimos encontrados en las propiedades químicas evaluadas en los híbridos para acidez total (1.21 ml NaOH/g), Abs 460 (0.08), abs 525 (0.11) se encontraron en G10, mientras que el pH en cotiledón (6.13) e Índice de fermentación (0.48) en G15. Así como Fenoles totales en medio acuoso (0.03 mg EAG/g), Fenoles totales en medio etanólico (0.05 mg EAG/g) en G19. Por otro lado los valores máximos para pH (6.69) y acidez total (3.18 meq NaOH/g) fueron para G17, mientras que el Índice de fermentación (0.78) y Fenoles totales en medio acuoso (0.06) para G10, mientras que Abs 460 (0.23) y Abs 525 (0.47) y Fenoles totales en medio etanólico (0.09 mg EAG/g) para G15, G21 y G11, respectivamente.

En los resultados de microelementos el CV estuvo entre 3.64-14.07% (Cuadro 12). En cuanto a las determinaciones en microelementos los valores mínimos para el Magnesio (2180.80 ppm), Potasio (818.97 ppm), Hierro (28.13 ppm) y Zinc (62.33 ppm) fueron encontrados en G17, G11, G15 y G19, respectivamente. Mientras que Magnesio (2946.28 ppm) y Potasio (1625.13 ppm) en los máximos coincidieron en G10 . En Hierro (28.13 ppm) y Zinc (88.37 ppm) en ambos casos en G21.

El análisis de componentes principales encontró que los tres primeros componentes principales (CP) agrupan el 68.01% de las variaciones totales (Cuadro 14). El primer componente principal (CP1) describe el 26.40% el cual es descrita por solo una característica física que corresponde al % cotiledón y por cuatro químicas correspondientes a Abs 460, Abs 525, IF, FT (medio

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

etanólico). El segundo componente principal (CP2) contribuye con el 21.89% y los parámetros que presentaron mayor magnitud del eigenvector fueron la humedad del grano, y los minerales de Magnesio y Zinc. En cuanto al tercer componente principal (PC3) la contribución fue del 19.71%, donde las variables que presentaron mayor peso fueron el % Germen, el ancho y espesor de semilla, el porcentaje de grasa, la fibra cruda y los carbohidratos. En cuanto el cuarto y quinto componente principal (CP4 y CP5) hubo una contribución de 13.54 y 11.60% respectivamente a la variación total. Las variables que presentaron mayor influencia fueron el Potasio, Largo, Cenizas, Fenoles totales (medio acuoso), Hierro y Zinc.

Cuadro 11. Análisis de propiedades químicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México

Variables	Media	DS	Mín.	Máx.	CV (%)
pH cotiledón	6.43	0.17	6.13	6.69	2.71
Acidez total (ml NaOH 0.1N/g)	2.09	0.76	1.21	3.18	36.36
Abs 460	0.16	0.06	0.08	0.23	34.53
Abs 525	0.28	0.14	0.11	0.47	49.80
Indice de fermentación 460/525	0.58	0.11	0.48	0.78	18.84
Fenoles totales (Medio acuoso) mg/g	0.05	0.01	0.03	0.06	19.90
Fenoles totales (Medio etanólico) mg/g	0.07	0.02	0.05	0.09	22.32

DS= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación

El análisis de correlación (Cuadro 13) mostró una correlación positiva y negativa entre algunas de los parámetros fisicoquímicos evaluados. La humedad del cotiledón presentó una correlación significativa ($p \leq 0.05$) con la humedad del grano y el contenido de magnesio. Fibra, Carbohidratos y % germen mostraron correlación con el % de grasa. Entre las características físicas correlacionadas se encontró que el largo de la semilla con el peso promedio, % de cotiledón y el % de cascarilla, ancho y % de germen. De forma particular, el análisis de sustancias fenólicas mostró correlación, por ejemplo, la Abs 525 con respecto a la Abs 460 y de igual manera ésta última se correlacionó con el IF 460/525 y el contenido de extracto de FT (Medio etanólico), mientras el Hierro mostró una correlación con el contenido de FT (Medio acuoso).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 12. Análisis de microelementos de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México

Variables	Media	DS	Mín.	Máx.	CV (%)
Magnesio (ppm)	2433.65	296.18	2180.80	2946.28	12.17
Potasio (ppm)	1240.55	326.25	818.97	1625	26.29
Hierro (ppm)	133.49	4.86	28.13	40.32	3.64
Zinc (ppm)	71.46	10.06	62.33	88.37	14.07

DS= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación

Cuadro 13. Correlación de variables fisicoquímicas de híbridos de cacao cultivados en el municipio de Comalcalco, Tabaco, México

Variables	Coeficiente de correlación
Humedad cotiledón- Humedad de grano	0.7801
Carbohidratos-Humedad de grano	0.8094
Magnesio-Humedad cotiledón	0.7676
Fibra-Grasa	-0.8789
Carbohidratos-Grasa	0.7751
% Germen-Grasa	-0.7627
Largo-peso promedio	0.8884
% Cotiledón-% Cascarilla	-0.9050
Ancho-% Germen	-0.7994
Abs525-Abs 460	0.9868
IF 460/525-Abs 460	-0.9484
FT (Medio etanolico)-Abs 460	-0.7836
Hierro-FT (Medio acuoso)	0.8028

La Figura 2 presenta el agrupamiento de los híbridos sobre los ejes de los dos componentes principales (PC1 y PC2). La Figura muestra a los parámetros fisicoquímicos evaluados, los híbridos mostraron dos agrupamientos. De estos, seis se agrupan (G11, G14, G15, G17, G19 y G21) y solo el G10 forma un grupo separado.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

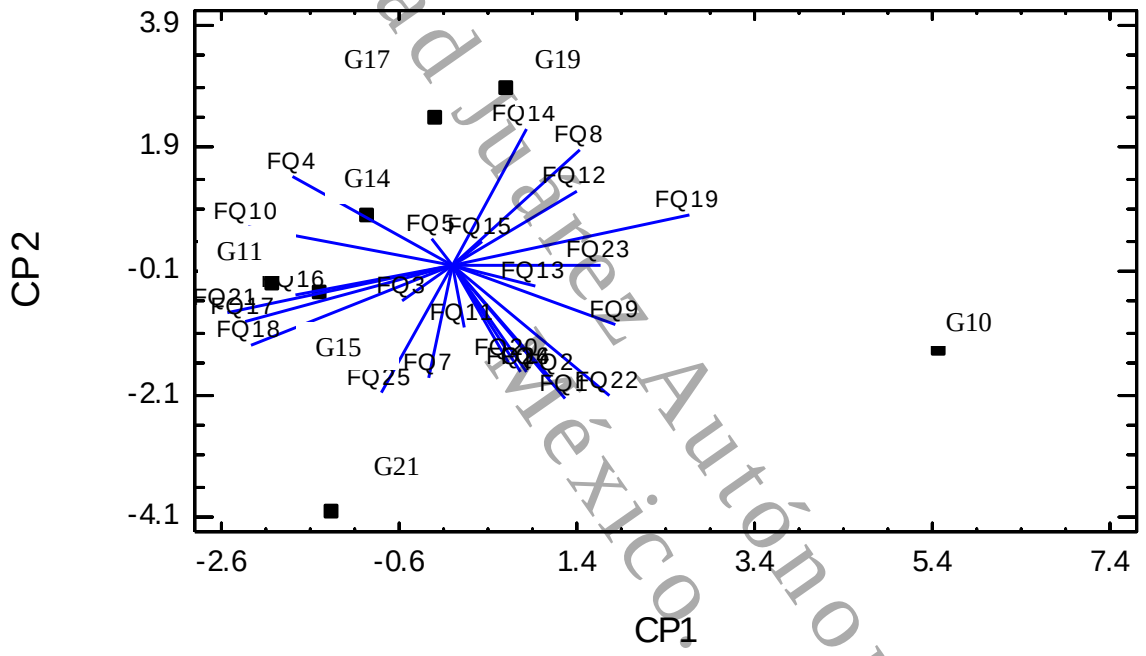

Figura 2. Agrupamiento de híbridos de cacao sobre los primeros dos componentes principales (PC1 y PC2) que toman en cuenta el 48.30% de la variación total

FQ1=Humedad grano; FQ2=Humedad cotiledón; FQ3=Grasa(%); FQ4=Proteína cruda(%); FQ5=Fibra cruda(%); FQ6=Ceniza total; FQ7=Carbohidratos(%); FQ8=; Peso promedio del grano; FQ9=Cascarilla(%); FQ10=Cotiledón(%); FQ11=Germen(%); FQ12=Largo; FQ13=Ancho; FQ14=Alto; FQ15=;pH cotiledón; FQ16=Acidez total; FQ17=Abs 460; FQ18=Abs 525; FQ19=Indice de fermentación; FQ20=Fenoles totales (medio acuoso); FQ21= Fenoles totales (medio etanólico); FQ22=Magnesio; FQ23=Potasio; FQ24=Hierro; FQ25=Zinc.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 14. Componentes principales mostrando los eigenvalores, proporción de variación y los eigenvectores

Variable	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Valor propio	6.5086	4.4607	3.1321	1.6071	1.2792
Varianza absoluta	0.2640	0.2189	0.1971	0.1354	0.1160
Varianza acumulada	0.2640	0.4830	0.6801	0.8155	0.9316
			Eigenvectores		
Peso promedio del grano (g)	-0.1885	-0.2688	0.1798	-0.0504	-0.2119
% Cascarilla	-0.2431	0.1385	-0.1605	0.1004	-0.0147
% Cotiledón	0.3051*	-0.0882	0.2116	-0.1456	0.0085
% Germen	-0.0162	0.1457	-0.3983*	-0.0191	0.1153
Largo (mm)	-0.1865	-0.1751	0.0850	0.0516	-0.3862*
Ancho (mm)	-0.1253	0.0518	0.3934*	-0.0510	-0.1874
Espesor (mm)	0.0366	0.2625	0.3098*	-0.1202	0.1535
Humedad grano	-0.1696	0.3162*	0.1941	-0.0687	0.1407
Humedad	-0.1478	0.2681	0.1704	0.2808	0.1106
Grasa	0.0734	0.0837	0.3979*	-0.0958	0.0849
Proteína	0.2407	-0.2112	0.0067	0.2460	0.0432
Fibra cruda	0.0317	-0.0627	-0.3587*	-0.0338	-0.2713
Cenizas	-0.1099	0.2538	-0.1192	-0.2192	0.3017*
Carbohidratos	0.0366	0.2625	0.3098*	-0.1202	0.1535
pH	-0.0439	-0.0575	-0.0326	-0.5108	-0.1478
Acidez total	0.2358	0.0671	-0.1223	-0.2581	0.2617
Abs 460	0.3099*	0.1314	0.0262	0.2176	-0.1547
Abs 525	0.3031*	0.1892	0.0356	0.1783	-0.1437
IF (460/525)	-0.3558*	-0.1145	-0.0695	-0.1163	0.0879
Fenoles totales (medio acuoso)	-0.0828	0.2269	-0.1977	-0.1519	-0.3275*
Fenoles totales (medio etanolico)	0.3380*	0.1096	-0.1258	-0.1051	-0.0411
Magnesio	-0.2370	0.3049*	-0.0850	0.1269	0.0857
Potasio	-0.2220	0.0036	-0.0013	0.4199*	-0.0194
Hierro	-0.1020	0.2534	0.0426	-0.2554	-0.3463*
Zinc	0.1074	0.3006*	0.1017	-0.0249	-0.3279*

* significativo, $p < 0.05$

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

6.3 Discusión

La investigación permitió evaluar la variación en características morfológicas y fisicoquímicas entre híbridos experimentales cultivados sin manejo. El estudio no solamente muestra los resultados fisicoquímicos que usualmente no son reportados en estos estudios y que permiten ampliar el abanico de posibilidades sobre los indicadores de calidad. Dentro del comercio internacional de granos de cacao (Wood y Lass, 1985) y de acuerdo con la NMX-FF-103-SCFI-2003, el peso promedio de un grano, porcentaje de cascarilla y contenido de grasa son las principales propiedades físicas evaluadas en granos de cacao seco. Estas características son de gran importancia para la industria dado que afectan el valor económico del grano. Los valores de estas variables se ven afectados en función de la temporada de cosecha y de las condiciones edafoclimáticas. Perea *et al.* (2011) reportan que de acuerdo a las evaluaciones químicas que se han realizado a semillas de cacao seco, se encuentra que el contenido de grasa cruda es el componente mayoritario con porcentaje que oscilan entre 49% y 56%; así también, las semillas de cacao contienen varios de los minerales (potasio, magnesio, fósforo) primordiales en la dieta, además de cantidades apreciables de polifenoles especialmente de flavonoides, sustancias con alto potencial antioxidante. Sin embargo, Niemenak *et al*. (2006) señalan que dentro de la industria de procesamiento de cacao se encuentran semillas de diferentes orígenes geográficos, por lo que se tienen diferentes propiedades químicas y sensoriales.

Un grano de cacao seco en promedio debe pesar entre 1.0-1.2 g, por lo que los híbridos evaluados en este estudio cumplen con este indicador satisfactoriamente, estando por arriba de 1.0 g que es el mínimo deseado. El porcentaje de cascarilla en países como Ghana, Nigeria, Costa de Marfil se encuentran entre 11.0-12.5% y contenidos de grasa entre 55.6-58% y los estudios han mostrado que existe una relación entre el peso promedio del grano, el contenido de grasa y la cascarilla (Wood y Lass, 1985). Los datos sugieren que granos con peso por debajo de 1 g presentan mayor pocentaje de cascarilla y menor contenido de grasa con respecto a aquellos donde el peso es mayor a 1 g. El porcentaje de cascarilla en los hibridos evaluados fue de 9.01% y el contenido de grasa de 48.83%. Estos valores se encuentran por debajo de lo reportado, sin embargo, el reporte de cascarilla está en función a cacao seco sin pasar por el proceso de fermentación, lo que lo ubica en el intervalo reportado para granos de cacao secos y lavados de 8-10%. En cuanto al contenido de grasa se ve afectada por el periodo de lluvias, granos cosechados en los primeros meses del año presentan valores inferiores que de Septiembre a Diciembre. Cros y Jeanjean

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

(1998) reportan valores en materia grasa de 48-57%.

Los valores de proteina, fibra y cenizas en los híbridos evaluados presentaron valores superiores a los reportados en materiales regionales colombianos (Perea *et al*., 2011). En cuanto a los valores de proteína pueden haber falsos en función a que la determinación considera que todo el nitrógeno corresponde a las proteínas, sin embargo, puede haber interferencias por fosfolípidos y alcaloides que se encuentran presentes en el cacao.

Los niveles de pH y acidez total en cotiledón están de acuerdo a lo reportado a tiempos equivalentes (Romero-Cortez, *et al.,* 2013). Este valor cambia durante el proceso de fermentación por acción de los alcoholes y acidos orgánicos que se difunden al cotiledón y que contribuyen al inicio de un conjunto de reacciones internas que daran lugar a la formación de precursores de aroma.

En el cotiledón de los granos de cacao se puede encontrar entre un 15 y 20 % de polifenoles de acuerdo con Wollgast (2000) y el color es un indicador para diferenciar cacaos criollos de otros cultivares y se debe a un grupo específico de compuestos fenólicos. El color en los granos de cacao es debido al subgrupo de las antocianinas y dependiendo de su concentración oscilan desde un color blanco a púrpura profundo. La contribución de antocianinas (Abs 525 nm) y de los productos cafés de condensación de los flavonoides (Abs 460nm) determinan la calidad de la fermentación (*op cit* Cros *et al.,* 1982). La relación entre estas densidades es conocido como Indice de Fermentación y es un indicador de la evolución de la fermentación con una alta correlación con los compuestos fenólicos totales. En el presente estudio, la absorbancia a 460 y 560 nm son similares a lo reportado por Romero-Cortez *et al.,* (2013), sin embargo, es importante comentar que esta técnica es aplicable cuando los granos de cacao son secados únicamente bajo el sol y no bajo condiciones artificiales. Lo antes descrito es debido a que durante el secado artificial la temperatura del aire de secado es mayor a 70ºC y los tiempos de secado son cortos (24 horas), lo que no permite expresar de igual manera los cambios de color y repercuten en la medición directa de los valores de absorbancia.

Elwers *et al*. (2009) establecen que los compuestos fenólicos contribuyen a definir los atributos de calidad en cacao y por ello la necesidad sobre la variabilidad de estas sustancias sin procesar y durante el tratamiento poscosecha. Dentro de sus estudios evalúan clones Criollos, Forasteros y Trinitarios de diferentes orígenes geográficos encontrando diferencias en los tipos específicos de compuestos fenólicos sin fermentar en las semillas de cacao. El contenido fenólico de los

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

extractos en medio acuoso fueron al menos tres veces más que lo reportado en extractos equivalentes para cacao de Malasia, Ghana y Costa de Marfil. Esta diferencia esta en función de que aunque se empleo la misma metodología, los granos de cacao de estos países fueron sometidos a fermentación y secado. La fermentación de cacao disminuye alrededor del 80% de los compuestos fenolicos totales.

De acuerdo con Perea *et al*. (2011), el Potasio fue el mineral más abundante en materiales regionales evaluados en Colombia y en orden decreciente la presencia de Magnesio, Hierro y Zinc. Estos minerales son de gran importancia, de forma particular el Magnesio y Potasio debido a su rol en la función vascular por su rol preventivo en la presión sanguínea y el Zinc es un constituyente de muchas enzimas y factores de transcripción, teniendo un papel importante en la función inmunológica. Aunque muchos alimentos contienen estos minerales, los granos de cacao contribuyen a complementar cualquier déficit. En el presente estudio el Magnesio fue el principal mineral seguido del Potasio, Zinc y Hierro. La concentración de los minerales fue mayor que lo reportado por Perea *et al*. (2011), los cuales también presentan heterogeneidad en composición.

Se requieren estudios específicos sobre aroma y sabor en conjunto con los estudios morfológicos y fisicoquímicos, los cuales dependen del manejo poscosecha, por lo que muchos estudios son necesarios para evaluar la calidad y establecer atributos e indicadores que permitan diferenciar entre cada grupo de cacao.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

VII. CONCLUSIONES

Los híbridos de cacao de Comalcalco, Tabasco presentan variabilidad morfológica y fisicoquímica entre ellos. Se encontró que los híbridos evaluados presentaron diferencias entre sí ($p<0.05$) en características morfológicas y fisicoquímicas. Los tres primeros componentes principales (CP) en el análisis morfológico describieron el 78.94% de la variación total. Las variables morfológicas cuantitativas -número de semillas, peso de semilla, largo de semilla, espesor de semilla y razón largo/ancho- y cualitativas -longitud de mazorca, superficie de mazorca, razón longitud/diámetro, forma del ápice, forma de sección longitudinal, constricción basal- fueron los parámetros más importantes para la variabilidad observada. El análisis de los tres primeros componentes principales de las variables fisicoquímicos describió el 68.01%. Las principales variables que describieron la variabilidad fueron el % cotiledón, % germen, ancho, espesor, humedad de grano, grasa, fibra, carbohidratos, abs 460, abs 525, fenoles totales (medio etanólico), magnesio, zinc. El estudio reveló características específicas de los híbridos que se pueden utilizar como criterios de selección para mejoramiento de rendimiento e indicadores de calidad.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

VIII. LITERATURA CITADA

Álvarez, C., E. Pérez, & M. Laris. 2002. Morfología de los frutos y características físico-químicas del mucílago del cacao de tres zonas del estado de Aragua. Agronomía Tropical, 4(52):497-506.

Álvarez, C., E. Pérez, & M. Laris. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. Agronomía Tropical, 4(57):249-256.

Allan, J.E. 1971. The preparation of agricultural samples for analysis by atomic absorption spectroscopy. Varian Techtron, Walnut Creek, California.

Angulo, J., F.L. Graciani, B.L. Ortiz, & P. Parra. 2001. Caracterización física de la semilla de cacao Criollo, Forastero amazónico y Trinitario de la localidad de Cumboto, estado Aragua. Agronomía Tropical, 2(51):203-219.

Assemat, S., P. Lachenaud, F. Ribeyre, F. Davrieux, J.L. Pradon, & E. Cros. 2005. Bean quality traits and sensory evaluation of wild Guianan cocoa populations (*Theobroma cacao* L.). Genetic Resources and Crop Evolution, 52:911–917.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Volumen I. Edited by Kenneth Herlich. p. 78-79, 237, 247, 272.

Arguello, C.O., F.L.A. Mejía, M.N. Contreras, & O.J.A. Tolosa.1999. Manual de caracterización morfoagronómica de clones elite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el nororiente colombiano. Manual de caracterización morfoagronómica, 60 p.

Bolívar, A., M. Toro, M.F. Sandoval, & M. López. 2009. Importancia ambiental y socioeconómica de las micorrizas en el cultivo de cacao caso: Hacienda cata, Municipio Ocumare Costa de Oro. Agronomía Tropical, 4(59):491-501.

Braudeau, J. 1970. El cacao. Editorial Blume. España, 297 p.

Camu, N., T. Winter, S.K. Addo, J.S. Takrama, H. Bernaert, & L. Vuyst. (2008), Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. J. Sci. Food Agric, 88: 2288–2297.

Chacón, I., C. Gómez, & V. Márquez. 2007. Caracterización morfológica de frutos y almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región suroccidental de Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, 1(24):202-207.

Córdova, A.V., P.J.D. Mendoza, V.L. Vargas, R.F. Izquierdo, & G.C.F. Ortiz. 2008. Participación de las asociaciones campesinas en el acopio y comercialización del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. Universidad y Ciencia, 2(24):147-158.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cros, E. & N. Jeanjean. 1998. Formation de I´arome cacao. Cacao et chocolat. Production, utilisation, caractéristiques. J. Pontillon. Paris: Ed Tec Doc. 188-206

Cros, E., M, Rouly, F. Villeneuve, J.C, & Vincent. 1982. Recherche d'un indice de fermentation du cacao II, Estimation de la matière colorante rouge, des fèves de cacao. Café, Cacao, Thé, 26 (2), 115 – 122

Elwers, S., A. Zambrano, C. Rohsius, & L. Reinhard. 2009. Differences between the content of phenolic compounds in Criollo, Forastero and Trinitario cocoa seed (*Theobroma cacao* L.). European Food and Research Technology, 229:937–948.

Girón, C., J. Tortolero, D. Hermoso, & I. González. 2001. Efectos de diferentes residuos vegetales en la compostación de cáscaras de cacao. Agronomía Tropical, 4(51):549-562

Graciani, F.L., B.L. Ortiz, J. Angulo, & P. Parra. 2002. Características físicas del fruto de cacaos tipos Criollo, Forastero y Trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. Agronomía Tropical, 3(52):343-361.

Hii, C.L., C.L Law, Suzannah, S. Misnawi, & M. Cloke. (2009). Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). As. J. Food Ag-Ind, 2(04):702-722.

Jonfia-Essien, W.A., G. West, P.G. Alderson, & G. Tucker. (2008). Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety cocoa beans. Food Chemistry, 108:1155-1159.

Kaushik, N. K. Kumar, S. Kumar, N. Kaushik & S. Roy. 2007. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of Jatropha (*Jatropha curcas* L) accessions. Biomass Bioenerg. 31:497-502

Lemus, M., F.L. Graciani, B.L. Ortiz, & L.A Trujillo. 2002. Efecto del mezclado de cacaos tipos Criollo y Forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. Agronomía Tropical, 1(52):45-58.

López, A.P.A. 1996a. Beneficio. 230-246 pp. Editores: López, A.P.A., N.V.H. Delgado, y M.A. Azpeitia, en: El cacao (Theobroma cacao L.) en Tabasco. Ed. INIFAP, Tabasco, 269 p.

López, A.P.A. 1996b. Mejoramiento genético. 58-96 pp. Editores: López, A.P.A., N.V.H Delgado, y M.A. Azpeitia, en: El cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. Ed. INIFAP, Tabasco, 269 p.

Luna, F., D. L. Crouzillat, & P. Bucheli. 2002. Chemical Composition and Flavor of Ecuadorian Cocoa Liquor. J. Agrid. Food Chem, 50:3527-3532.

Martini, M.H., A. Figueira, C.G. Lenci, & D. Tavares. 2008: Polyphenolic cells and their interrelation with cotyledon cells in seven species of Theobroma (Sterculiaceae). Revista Brasil Bot, 31:425-431.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Misnawi S.J., J. Bakar, & N. Saari. 2002. Oxidation of polyphenols in unfermented and partly fermented cocoa beans by cocoa polyphenol oxidase and tyrosinase. J. Sci. Food Agric, 82:559-566.

Nava, P.F. & C.J.A. Mejía. 2002. Evaluación de maíces precoces e intermedios en Valles Altos centrales de México. II. Divergencia genética. Revista Fitotecnia Mexicana, 2(25):187-192.

Niemenak, N., C. Rohsius, S. Elwers, N. Omokolo, & R. Lieberei. 2006.Comparative study of different cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones in therms of their phenolics and anthocyanins contents. Journal of Food Composition and Analysis, 19:612-619.

NMX-FF-103-SCFI.2003. Productos agrícolas no industrializados-cacao en grano (*Theobroma cacao L.*)-especificaciones y métodos de prueba.

Omokhafe, K.O. & J.E. Alika. 2004. Clonal variation and correlation of seed characters in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg Indust. Crops Prod. 19:175-184

Othman, A., A. Ismail, N. Abdul, & I. Adenan. 2007. Antioxidant capacity phenolic content of cocoa beans. Food Chemistry, 100:1523-1530.

Parra, P., M. González, B.L. Ortiz, F.L. Graciani, & R.R. Figueroa, R.R. 2001. Relaciones de similitud establecidas mediante el análisis de isoenzimas de los grupos de cacao Criollo, Trinitario y Forastero de la zona de Cumboto, región centro norte costera del estado Aragua, Venezuela. Agronomía Tropical, 4(51):575-592.

Parra, P., M. González, B.L. Ortiz, F.L. Graciani, & R.R. Figueroa. 2002. Caracterización de los tipos de cacao Criollo, Trinitario y Forastero de Cumboto, Aragua, mediante patrones electroforéticos de isoenzimas. Agronomía Tropical, 3(52):277-297.

Perea, J.A., O.L. Ramírez, & A.R. Villamizar. 2011. Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao Colombiano. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 1(9):35-42.

Pontillon, J. 1998. Cacao et Chocolat. Production utilisation, caractéristiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Technique & Documentation Lavoisier, Paris, Cedex 08.

Powis, T.G.,A. Cyphers, N.W. Gaikwad, L. Grivetti, & K. Cheong. 2011. Cacao use and the San Lorenzo Olmec. PNAS, 108(21): 8595-8600.

Rangel-Fajardo, M.A., H.A. Zavaleta-Mancera, L. Córdova-Téllez, A.P. López-Andrade, A. Delgado-Alvarado, I. Vidales-Fernández, & A. Villegas-Monter. 2012. Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) Criollo mexicano. Revista Fitotecnia Mexicana, 3(35):189-197.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Radojičić S. M., I. Redovnikovic, K. Delonga, V. Dragović-Uzelac, M. Carić, J, &Vorkapić-Furač. 2009. Was content and composition and antioxidative activity of different cocoa liquors?. Czech Journal and Food Science, 27: 330-337

Reyes, E.H., J. Vivas, & S.A. Romero. 1999. La calidad del cacao. I. Factores determinantes de la calidad. FONAIAP, (61), 1-5.

Romero-Cortes, T., M.A. Salgado-Cervantes, P. García-Alamilla, M. A. García-Alvarado, G. C. Rodríguez-Jimenes, M. Hidalgo-Morales, & V. Robles-Olvera. 2013. Relationship between fermentation index and other biochemical changes evaluated during the fermentation of Mexican cocoa (*Theobroma cacao*) beans. Journal of Science and Food Agriculture, 93:2596–2604

Santana, M., F. Giovanna, F.R. Velásquez, & J. Mata. 2010. Efecto de la fuente de carbono sobre la organogénesis y embriogénesis somática en cacao. Análisis citogenético. Agronomía Tropical, 2(60):193-202.

Senanayake, M.E. Jansz, & K. Buckle. 1997. Effect of Different Mixing Intervals on the Fermentation of Cocoa Beans. Journal of Science and Food Agriculture, 1(74):42-48.

Sotelo, A. & R.G. Álvarez. (1991). Chemical composition of wild Theobroma species and their comparison to the cocoa bean. J. Agric. Food Chem, 39:1940-1943.

Tinoco, H.A. & D.Y. Ospina. 2010. Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. Escuela de Ingeniería de Antioquia, 13:53-63.

Tomás, F. A., E. Cienfuegos, A. Marín, B. Muguerza, A. Gil, B. Cerdá, P. Zafrilla, J. Morillas, J. Mulero, A. Ibarra, M.A. Pasamar, D. Ramón, & J.C. Espín. 2007. A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55:3926-3935.

UPOV. 2011. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad del Cacao. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Ginebra, Suiza. 28 p.

Wollgast J. & Anklam E. 2000. Poliphenols in chocolate: is there a contribution to human health ?. *Food Research International* 33, 449-459

Wood G.A.R. & Lass R.A. 1985. Cocoa. Tropical Agriculture Series. Fourth Edition. Reprinted 2001.

Zambrano, A., A. Gómez, G. Ramos, C. Romero, C. La Cruz, & E. Rivas. 2010. Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao Criollo, Trinitario y Forastero durante el proceso de secado. Agronomía Tropical, 4(60):389-396.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS HÍBRIDOS DE CACAO EN COMALCALCO, TABASCO.

A*	CR**	A	CR	A	CR	A	CR	A	CR	A	CR	A	CR
1	4	51	13	101	3	151	8	201	9	251	22	301	9
2	14	52	8	102	15	152	14	202	10	252	7	302	12
3	13	53	19	103	6	153	22	203	12	253	7	303	15
4	17	54	12	104	16	154	8	204	2	254	20	304	16
5	21	55	9	105	6	155	3	205	8	255	1	305	16
6	20	56	15	106	22	156	22	206	22	256	19	306	6
7	13	57	3	107	17	157	14	207	2	257	10	307	5
8	7	58	7	108	2	158	9	208	16	258	17	308	17
9	7	59	19	109	17	159	22	209	18	259	2	309	7
10	14	60	8	110	10	160	21	210	1	260	11	310	8
11	1	61	20	111	20	161	19	211	14	261	7	311	7
12	13	62	19	112	1	162	13	212	21	262	14	312	15
13	19	63	17	113	4	163	20	213	10	263	3	213	4
14	16	64	21	114	8	164	10	214	13	264	19	314	6
15	18	65	2	115	17	165	11	215	1	265	1	315	16
16	11	66	20	116	5	166	7	216	22	266	16	316	3
17	18	67	2	117	3	167	6	217	19	267	7	317	15
18	18	68	1	118	20	168	14	218	19	268	7	318	14
19	22	69	15	119	21	169	22	219	2	269	8	319	4
20	14	70	3	120	3	170	15	220	17	270	19	320	15
21	3	71	19	121	2	171	10	221	13	271	21	321	12
22	7	72	3	122	12	172	9	222	3	272	1	322	6
23	11	73	5	123	15	173	15	223	21	273	9	323	6
24	20	74	5	124	15	174	21	224	18	274	6	324	4
25	18	75	11	125	22	175	17	225	19	275	20	325	10
26	16	76	21	126	7	176	2	226	12	276	2	326	6
27	21	77	9	127	7	177	8	227	17	277	13	327	3
28	7	78	11	128	10	178	8	228	11	278	16	328	21
29	19	79	9	129	15	179	10	229	12	279	13	329	7
30	21	80	14	130	9	180	21	230	4	280	10	330	6
31	14	81	20	131	8	181	8	231	15	281	12	331	8
32	22	82	3	132	15	182	6	232	6	282	8	332	5
33	6	83	3	133	16	183	15	233	2	283	2	333	9
34	6	84	22	134	12	184	9	234	4	284	10	334	6
35	17	85	19	135	14	185	18	235	15	285	13	335	15
36	17	86	22	136	19	186	4	236	20	286	17	336	9
37	14	87	14	137	2	187	8	237	18	287	16	337	16
38	6	88	1	138	22	188	21	238	9	288	11	338	4
39	15	89	19	139	22	189	21	239	20	289	14	339	20
40	3	90	13	140	4	190	14	240	9	290	11	340	11
41	7	91	16	141	6	191	8	241	17	291	12	341	10
42	6	92	3	142	6	192	17	242	11	292	16	342	15
43	11	93	11	143	12	193	17	243	8	293	1	343	3
44	10	94	12	144	17	194	6	244	17	294	6	344	10
45	22	95	8	145	9	195	1	245	4	295	17	345	14
46	14	96	8	146	20	196	10	246	13	296	12	346	3
47	2	97	13	147	2	197	1	247	21	297	5	347	3
48	12	98	8	148	6	198	20	248	5	298	21	348	18
49	3	99	21	149	8	199	9	249	1	299	11	349	17
50	7	100	11	150	20	200	18	250	13	300	2	350	22

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

DISTRIBUCIÓN DE LOS HIBRIDOS DE CACAO EN COMALCALCO, TABASCO.

A	CR	A	CR	A	CR	A	CR	A	CR	A	CR	A	CR
351	18	401	18	451	9	501	3	551	8	601	3	651	1
352	5	402	4	452	19	502	19	552	5	602	5	652	1
353	18	403	2	453	16	503	13	553	17	603	19	653	6
354	22	404	22	454	5	504	3	554	4	604	19	654	4
355	12	405	22	455	2	505	4	555	3	605	21	655	22
356	6	406	16	456	20	506	12	556	20	606	9	656	4
357	17	407	9	457	20	507	8	557	20	607	11	657	5
358	4	408	21	458	11	508	2	558	5	608	4	658	21
359	9	409	9	459	14	509	21	559	5	609	9	659	15
360	16	410	4	460	4	510	5	560	12	610	11	660	7
361	13	411	11	461	20	511	15	561	17	611	20		
362	9	412	17	462	13	512	15	562	14	612	18		
363	19	413	1	463	20	513	13	563	16	613	1		
364	10	414	9	464	13	514	18	564	9	614	2		
365	7	415	15	465	16	515	2	565	4	615	12		
366	22	416	13	466	4	516	1	566	11	616	13		
367	10	417	14	467	5	517	4	567	16	617	8		
368	12	418	16	468	16	518	1	568	5	618	11		
369	16	419	21	469	6	519	13	569	2	619	4		
370	20	420	12	470	7	520	22	570	18	620	5		
371	8	421	18	471	11	521	7	571	7	621	16		
372	8	422	18	472	4	522	9	572	18	622	5		
373	16	423	12	473	22	523	11	573	14	623	2		
374	12	424	22	474	10	524	9	574	13	624	18		
375	4	425	6	475	5	525	18	575	4	625	18		
376	18	426	1	476	15	526	2	576	21	626	5		
377	5	427	15	477	10	527	2	577	21	627	20		
378	3	428	6	478	15	528	8	578	7	628	19		
379	13	429	18	479	7	529	12	579	1	629	18		
380	7	430	3	480	19	530	5	580	18	630	19		
381	15	431	14	481	7	531	15	581	22	631	18		
382	20	432	21	482	11	532	17	582	14	632	10		
383	11	433	17	483	19	533	11	583	18	633	15		
384	18	434	1	484	12	534	4	584	10	634	22		
385	17	435	2	485	19	535	22	585	16	635	13		
386	14	436	11	486	8	536	18	586	5	636	10		
387	17	437	1	487	21	537	4	587	10	637	12		
388	1	438	16	488	14	538	2	588	12	638	7		
389	3	439	19	489	20	539	3	589	14	639	7		
390	19	440	16	490	2	540	17	590	2	640	22		
391	20	441	5	491	9	541	12	591	5	641	16		
392	21	442	10	492	1	542	8	592	13	642	14		
393	2	443	4	493	9	543	1	593	12	643	13		
394	6	444	11	494	3	544	1	594	6	644	13		
395	7	445	3	495	5	545	16	595	10	645	13		
396	10	446	10	496	10	546	1	596	8	646	14		
397	1	447	5	497	9	547	1	597	10	647	11		
398	12	448	13	498	10	548	20	598	11	648	17		
399	21	449	20	499	14	549	11	599	19	649	19		
400	5	450	21	500	15	550	12	600	6	650	6		

***A=árbol;** CR=cruza**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

ANEXO 2. TOTAL DE HÍBRIDOS DE CACAO ESTABLECIDOS EN COMALCALCO, TABASCO.

UNIDAD EXPERIMENTAL	HÍBRIDOS
1	RIM 2 X UF 613
2	RIM 2 X CC 266
3	RIM 2 X EET 48
4	RIM 76A X CC 266
5	RIM 76A X EET 48
6	RIM 76A X EET 400
7	RIM 68 X EET 48
8	RIM 68 X EET 400
9	RIM 68 X SPA 9
10	RIM 75 X EET 400
11	RIM 75 X SPA 9
12	RIM 75 X POUND 7
13	UF 29 X SPA 9
14	UF 29 X POUND 7
15	UF 29 X IMC 67
16	UF 613 X POUND 7
17	UF 613 X IMC 67
18	CC 266 X IMC 67
19	POUND 7 X EET 48
20	EET 59 X CC 266
21	CALABACILLO
22	AMELONADO

RIM=Región Ízapa México; UF=United Fruit Co; CC=Clon Catongo; EET=Estación Experimental Tropical; SPA=Scavina Progenies Amazonia; IMC=Iquitos Marañón Collection: Pound=Pound

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

ANEXO 3. CATALOGO DE HÍBRIDOS

UF 29 X IMC 67

MAZORCA

FORMA DEL FRUTO: ELIPTICA

CONSTRICCION BASAL: AUSENTE O MUY DEBIL

FORMA DEL APICE: OBTUSO

FORMA DE LA SUPERFICIE: MODERADAMENTE RUGOSA

PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS: POCO PROFUNDA

COLOR DEL FRUTO: AMARILLO-VERDE

GROSOR DEL EXOCARPIO: GRUESO

SEMILLA

COLOR DE LA PULPA: BLANCO

FORMA EN SECCIÓN LONGITUDINAL: OBLONGA

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

POUND 7 X EET 48

MAZORCA

FORMA DEL FRUTO: OVADO

CONSTRICCION BASAL: AUSENTE O MUY DEBIL

FORMA DEL APICE: ENTALLADO

FORMA DE LA SUPERFICIE: MODERADAMENTE RUGOSA

PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS: AUSENTE O MUY POCO PROFUNDA

COLOR DEL FRUTO: AMARILLO-VERDE

GROSOR DEL EXOCARPIO: MEDIO

SEMILLA

COLOR DE LA PULPA: CREMA

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

RIM 75 X SPA 9

MAZORCA

FORMA DEL FRUTO: OBLONGA

CONSTRICCION BASAL: AUSENTE O MUY DEBIL

FORMA DEL APICE: AGUDO

FORMA DE LA SUPERFICIE: MODERADAMENTE RUGOSA

PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS: AUSENTE O MUY POCO PROFUNDA

COLOR DEL FRUTO: AMARILLO-VERDE

GROSOR DEL EXOCARPIO: DELGADO

SEMILLA

COLOR DE LA PULPA: CREMA

FORMA EN SECCIÓN

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

UF 29 X POUND 7

MAZORCA

FORMA DEL FRUTO: ELIPTICA

CONSTRICCION BASAL: AUSENTE O MUY DEBIL

FORMA DEL APICE: OBTUSO

FORMA DE LA SUPERFICIE: MODERADAMENTE RUGOSA

PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS: POCO PROFUNDA

COLOR DEL FRUTO: AMARILLO-VERDE

GROSOR DEL EXOCARPIO: MEDIO

SEMILLA

COLOR DE LA PULPA: CREMA

FORMA EN SECCIÓN LONGITUDINAL: OBLONGA

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

UF 613 X IMC 67

MAZORCA

FORMA DEL FRUTO: ALARGADA

CONSTRICCION BASAL: MODERADO

FORMA DEL APICE: AGUDO

FORMA DE LA SUPERFICIE: MODERADAMENTE RUGOSA

PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS: MEDIA

COLOR DEL FRUTO: AMARILLO-VERDE

GROSOR DEL EXOCARPIO: MEDIO

SEMILLA

COLOR DE LA PULPA: CREMA

FORMA EN SECCIÓN

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

RIM 75 X EET 400

MAZORCA

FORMA DEL FRUTO: OBLONGA

CONSTRICCION BASAL: DEBIL

FORMA DEL APICE: AGUDO

FORMA DE LA SUPERFICIE: LISA O LIGERAMENTE RUGOSA

PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS: MUY POCO PROFUNDA

COLOR DEL FRUTO: AMARILLO-VERDE

GROSOR DEL EXOCARPIO: DELGADO

SEMILLA

COLOR DE LA PULPA: BLANCO

FORMA EN SECCIÓN LONGITUDINAL: OBLONGA

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

CALABACILLO

MAZORCA

FORMA DEL FRUTO: ELIPTICA

CONSTRICCION BASAL: DEBIL

FORMA DEL APICE: OBTUSO

FORMA DE LA SUPERFICIE:LIGERAMENTE RUGOSA

PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS: MEDIA

COLOR DEL FRUTO: AMARILLO-VERDE

GROSOR DEL EXOCARPIO: DELGADO

SEMILLA

COLOR DE LA PULPA: BLANCO

FORMA EN SECCIÓN LONGITUDINAL: OBLONGA

Caracterización morfológica y fisicoquímica de híbridos de cacao (Theobroma cacao L.) en Tabasco

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%
ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	colposdigital.colpos.mx:8080 Internet	87 palabras — 1%
2	Nicola Caporaso, Martin B. Whitworth, Mark S. Fowler, Ian D. Fisk. "Hyperspectral imaging for non-destructive prediction of fermentation index, polyphenol content and antioxidant activity in single cocoa beans", Food Chemistry, 2018 Crossref	38 palabras — < 1%
3	revista-agroproductividad.org Internet	31 palabras — < 1%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Internet	26 palabras — < 1%
5	ediss.sub.uni-hamburg.de Internet	23 palabras — < 1%
6	archivos.ujat.mx Internet	20 palabras — < 1%
7	www.ajofai.info Internet	20 palabras — < 1%
8	pdffox.com Internet	19 palabras — < 1%

produccioncientificaluz.org

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

9	Internet	19 palabras — < 1%
10	R.H. Gutiérrez, M. Lares, E.E. Pérez, C. Álvarez. "EFECTO DEL TOSTADO SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE MANTECA DE CACAO PROVENIENTES DE BARLOVENTO-VENEZUELA, EXTRAÍDA POR DOS MÉTODOS - EFFECT OF ROASTING ON THE FATTY ACID PROFILE OF COCOA BUTTER THAT WAS EXTRACTED BY TWO METHODS, FROM BARLOVENTO, VENEZUELA", Acta Horticulturae, 2014 Crossref	17 palabras — < 1%
11	ica.mxl.uabc.mx Internet	17 palabras — < 1%
12	repositorio.unprg.edu.pe Internet	17 palabras — < 1%
13	documents.mx Internet	16 palabras — < 1%
14	kipdf.com Internet	16 palabras — < 1%
15	Wild Crop Relatives Genomic and Breeding Resources, 2011. Crossref	15 palabras — < 1%
16	comimsa.repositorioinstitucional.mx Internet	15 palabras — < 1%
17	jssm.org Internet	13 palabras — < 1%
18	hdl.handle.net Internet	12 palabras — < 1%
19	pcientificas.ujat.mx Internet	11 palabras — < 1%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

20	repositorio.uaaan.mx Internet	11 palabras — < 1%
21	reunioncientificatabasco.org.mx Internet	11 palabras — < 1%
22	Faver Álvarez Carrillo, Jairo Rojas Molina, Juan Carlos Suárez Salazar. "Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de Theobroma cacao L. bajo arreglo agroforestal en Rivera (Huila, Colombia)", Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 2016 Crossref	10 palabras — < 1%
23	fr.slideshare.net Internet	10 palabras — < 1%
24	oldri.ues.edu.sv Internet	10 palabras — < 1%
25	www.repositorio.usac.edu.gt Internet	10 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS	ACTIVADO	EXCLUIR FUENTES	DESACTIVADO
EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA	ACTIVADO	EXCLUIR COINCIDENCIAS	< 10 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.